# Aplicação de Medição de Potência DSOX4PWR

## Guia do usuário

Agilent Technologies

# Avisos



## Número de peça do manual

Versão 03.00.0000

## Edição

13.10.12

Available in electronic format only

Agilent Technologies, Inc.
1900 Garden of the Gods Road
Colorado Springs, CO 80907 USA

## Garantia

**O material contido neste documento é fornecido "como está" e está sujeito a alterações sem aviso prévio em edições futuras. Além disso, até onde permitido pela legislação vigente, a Agilent isenta-se de qualquer garantia, seja expressa, seja implícita, relacionada a este manual e às informações aqui contidas, incluindo as garantias implícitas de comercialização e adequação a um propósito específico, mas não se limitando a elas. A Agilent não deve ser responsabilizada por erros ou por danos incidentais ou conseqüentes relacionados ao suprimento, uso ou desempenho deste documento ou das informações aqui contidas. Caso a Agilent e o usuário tenham um outro acordo por escrito com termos de garantia que cubram o material deste documento e sejam conflitantes com estes termos, devem prevalecer os termos de garantia do acordo em separado.**

## Licenças de tecnologia

O hardware e/ou o software descritos neste documento são fornecidos com uma licença e podem ser usados ou copiados apenas em conformidade com os termos de tal licença.

## Legenda sobre direitos restritos

Direitos restritos do governo dos EUA. Os direitos de software e de dados técnicos concedidos ao governo federal incluem apenas aqueles direitos normalmente concedidos aos usuários finais. A Agilent fornece essa licença comercial costumeira do software e dos dados técnicos conforme a FAR 12.211 (dados técnicos) e 12.212 (software de computador) e, para o Departamento de Defesa, a DFARS 252.227-7015 (dados técnicos – itens comerciais) e DFARS 227.7202-3 (direitos sobre software comercial de computador ou documentação de software de computador).

## Avisos de segurança

**CUIDADO**

**CUIDADO** indica perigo. Ele chama a atenção para um procedimento, prática ou algo semelhante que, se não forem corretamente realizados ou cumpridos, podem resultar em avarias no produto ou perda de dados importantes. Não prossiga após um aviso de **CUIDADO** até que as condições indicadas sejam completamente compreendidas e atendidas.

**AVISO**

**AVISO indica perigo. Ele chama a atenção para um procedimento, prática ou algo semelhante que, se não forem corretamente realizados ou cumpridos, podem resultar em ferimentos pessoais ou morte. Não prossiga após um AVISO até que as condições indicadas sejam completamente compreendidas e atendidas.**

# Aplicação de Medição de Potência—Visão rápida

O DSOX4PWR Power Measurement and Analysis para os osciloscópios InfiniiVision 4000 X-Series permite que você analise de maneira rápida e fácil a eficiência e a confiabilidade da comutação da fonte de alimentação.

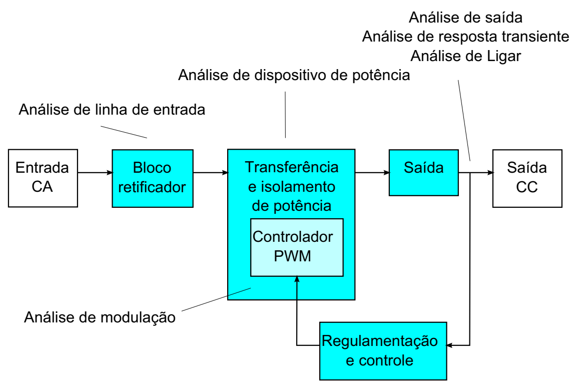



**Figura 1** Diagrama de blocos da fonte de alimentação comutada (SMPS) e os tipos de medições

Com a aplicação de medição de potência, é possível:

- Medir a perda de comutação e a perda de condução no dispositivo de comutação (para ajudar a melhorar a eficiência).
- Analisar a taxa de variação dI/dt e dV/dt (para operação confiável).
- Configurar automaticamente o osciloscópio para medições de ondulação (para eliminar a configuração manual entediante do osciloscópio).
- Realizar testes de pré-conformidade para padrões IEC 61000-3-2 (para reduzir o tempo de teste de conformidade).
- Analisar a potência da linha com distorção harmônica total, potência real, potência aparente, fator de potência, e testes de fator de crista (informações para rapidamente fornecer qualidade de potência).
- Medir o ruído de saída (ondulação).
- Analisar modulação usando informações de tempo de ativação e tempo de desativação de uma modulação de largura de pulso (PWM) sinal (para ajudar a caracterizar o fator de potência ativa).

- Medir a eficácia com que um circuito rejeita a ondulação da fonte de alimentação de entrada em várias frequências com a medição taxa de rejeição da fonte de alimentação (PSRR).

A licença de análise e medição de potência, juntamente com o osciloscópio, a ponta de prova diferencial de alta tensão, a ponte de prova de corrente, o recurso de realinhamento de ponta de prova e a ponta de prova passiva, forma um sistema de medição de potência completo para testes e projetos de fonte de alimentação.

Está incluída no DSOX4PWR, sem custo adicional, uma licença para o pacote de software de análise de potência baseada em computador U1881A, que oferece geração de relatórios e medições de potência off-line adicionais.

Este guia descreve:

# Índice

# 1
# Pré-requisitos



Este capítulo descreve considerações de segurança e os requisitos necessários para usar a aplicação de medição de potência.

## Segurança

**AVISO** **Ao conectar-se a um circuito com tensões perigosas, certifique-se de que as pontas de prova e outros componentes estejam sendo utilizados de acordo com suas especificações. Consulte a documentação das pontas de prova e de outros componentes.**

## Requisitos do osciloscópio

A aplicação de medição de potência DSOX4PWR funciona com os osciloscópios de armazenamento digital 4000 série X (DSO).

- Os osciloscópios InfiniiVision 4000 série X vêm em modelos de largura de banda de 200 MHz, 350 MHz, 500 MHz, 1 GHz e 1,5 GHz com 2 Mpts ou 4 Mpts de memória.

As características da fonte de alimentação em teste determinam a largura de banda e a memória do osciloscópio requeridas.

- "Requisitos de largura de banda" na página 10

- "Requisitos de memória" na página 10
- "Requisitos de versão de software" na página 11


## Requisitos de largura de banda

Os requisitos de largura de banda do osciloscópio e da ponta de prova são conduzidos pela taxa de variação (tempos de subida/descida) do dispositivo de comutação.

Para osciloscópios com resposta gaussiana (típico de osciloscópios com largura de banda de 1 GHz ou inferior), o tempo de subida do osciloscópio é comumente relacionado à largura de banda do osciloscópio por meio da fórmula:

tempo de subida = 0,35/largura de banda

Para medir o tempo de subida do sinal de entrada com ±5% de erro, o tempo de subida do osciloscópio deve ser 1/3 do tempo de subida do sinal de entrada. Portanto, a largura de banda requerida para o osciloscópio é:

BW = [ 0,35/(tempo de subida do sinal de entrada/3) ]

Por exemplo, um dispositivo de comutação cujo tempo de subida é 10 ns requer uma largura de banda do osciloscópio (e da ponta de prova) de 105 MHz.

## Requisitos de memória

Os requisitos de memória do osciloscópio dependem do intervalo de tempo e dos tipos de sinais a serem capturados:

profundidade de memória = intervalo de tempo * taxa de amostragem

- Para sinais de dispositivos de comutação: Se você precisar capturar os sinais de comutação ao longo de metade do ciclo da rede elétrica (60 Hz), com uma taxa de variação de 50 ns (usando uma taxa de amostragem que corresponde a quatro vezes a largura de banda requerida), profundidade de memória = 8,333 ms * 21 MHz * 4 = 699972 pontos.

Com os osciloscópios InfiniiVision 3000 série X, a taxa de amostragem é determinada pela configuração do intervalo de tempo. No caso acima, a taxa de amostragem no modo de Alta resolução para o intervalo de tempo de 8,333 ms é de 100 MSa/s; portanto, a profundidade de memória necessária é de 833300 pontos.

- Para sinais da linha CA de entrada: É necessário capturar alguns ciclos a fim de exibir a FFT no gráfico. Resolução do gráfico FFT = taxa de amostragem/tamanho dos dados. Os harmônicos esperados estão em múltiplos de 50/60 Hz.

  Como os sinais de entrada têm componentes de baixa frequência, uma alta taxa de amostragem faz-se desnecessária. Por exemplo, a especificação RTCA-DO-160E declara que uma taxa de amostragem de 100 kSa/s e superior seria suficiente. Para um sinal de 60 Hz, para capturar 10 ciclos, é necessário capturar uma duração de 83,33 ms.

  Os osciloscópios InfiniiVision 3000 série X definem a taxa de amostragem como 10 MSa/s para o intervalo de tempo acima. A profundidade de memória requerida é de 83330 pontos com uma resolução de FFT de 4,77 Hz.

## Requisitos de versão de software

**Tabela 1** Versão requerida do software do osciloscópio

| Família de osciloscópios | Versão de software requerida |
|---|---|
| InfiniiVision 4000 série X | 3.00 ou posteriores |

# Requisitos de ponta de prova


- "Ponta de prova de tensão" na página 11
- "Ponta de prova atual" na página 12
- "Desalinhando a tensão e as pontas de prova atuais" na página 13


## Ponta de prova de tensão

É possível usar as seguintes pontas de prova de tensão:

- Ponta de prova diferencial Agilent N2791A, 25 MHz, faixa dinâmica de 700 V.
- Ponta de prova diferencial Agilent N2790A com interface AutoProbe, 100 MHz, faixa dinâmica de 1,4 V.
- ponta de prova diferencial Agilent com largura de banda de 200 MHz, faixa dinâmica de 20 V.
- ponta de prova diferencial Agilent N2793A com largura de banda de 800 MHz, faixa dinâmica de 15 V.
- ponta de prova diferencial Agilent N2891A de alta tensão, largura de banda de 70 MHz, faixa dinâmica de 7 kV.
- ponta de prova diferencial Agilent 1141A com largura de banda de 200 MHz, faixa dinâmica de 400 V.
- Ponta de prova passiva 1:1 Agilent 10070D, largura de banda de 20 MHz, entrada máxima de 400 V (para medição do ruído de fontes de alimentação e de taxa de rejeição de fonte de alimentação).
- Ponta de prova passiva 1:1 Agilent N2870A; largura de banda de 35MHz, entrada máxima de 55 V (para medição do ruído de fontes de alimentação e de taxa de rejeição de fonte de alimentação).

Para obter informações sobre os requisitos de largura de banda de ponta de prova de tensão, consulte “Requisitos de largura de banda" na página 10.

A faixa de tensão da ponta da prova necessária depende dos sinais de entrada a serem medidos. Uma fonte de alimentação comutada CA-CC requer uma ponta de prova de alta tensão porque os sinais de comutação e de linha de entrada podem ir até 700 Vpp. Para uma fonte de alimentação comutada CC-CC, uma faixa de tensão de ponta de prova menor é suficiente, pois as amplitudes de sinais são muito menores.

Uma ponta de prova passiva normalmente é usada para medir a saída CC e a resposta transiente.

## Ponta de prova atual

As seguintes pontas de prova de corrente Agilent CA/CC podem ser utilizadas:

- 1147B com largura de banda de 50 MHz, pico de 15A.
- N2893A com largura de banda de 100 MHz, pico de 30A.

- N2780A com largura de banda de 2 MHz, pico de 500A.
- N2781A com largura de banda de 10 MHz, pico de 150A.
- N2782A com largura de banda de 50 MHz, pico de 30A.
- N2783A com largura de banda de 100 MHz, pico de 30A.

Para obter informações sobre os requisitos de largura de banda de ponta de prova de corrente, consulte “Requisitos de largura de banda" na página 10.

## Desalinhando a tensão e as pontas de prova atuais

Para garantir medições precisas de perdas de potência, utilize o recurso de realinhamento U1880A para ajustar o alinhamento de quaisquer diferenças de tempo de retardo entre a ponta de prova de corrente e os caminhos do sinal da ponta de prova de tensão.

O procedimento de realinhamento de pontas de prova está descrito no Capítulo 2, “Introdução,” inicia na página 15.

**Tabela 2** Características do ambiente do recurso de realinhamento U1880A

| | |
|---|---|
| Temperatura | Em operação: -10 °C a +55 °C<br>Fora de operação: -20 °C a +60 °C |
| Umidade | Em operação: 95% UR a 40 °C por 24 horas<br>Fora de operação: 90% UR a 65 °C por 24 horas |
| Altitude | Em operação: a 4.570 m (15.000 pés)<br>Fora de operação: a 15.244 m (50.000 pés) |
| Uso interno | Classificado somente para uso em interiores |

# 2
# Introdução

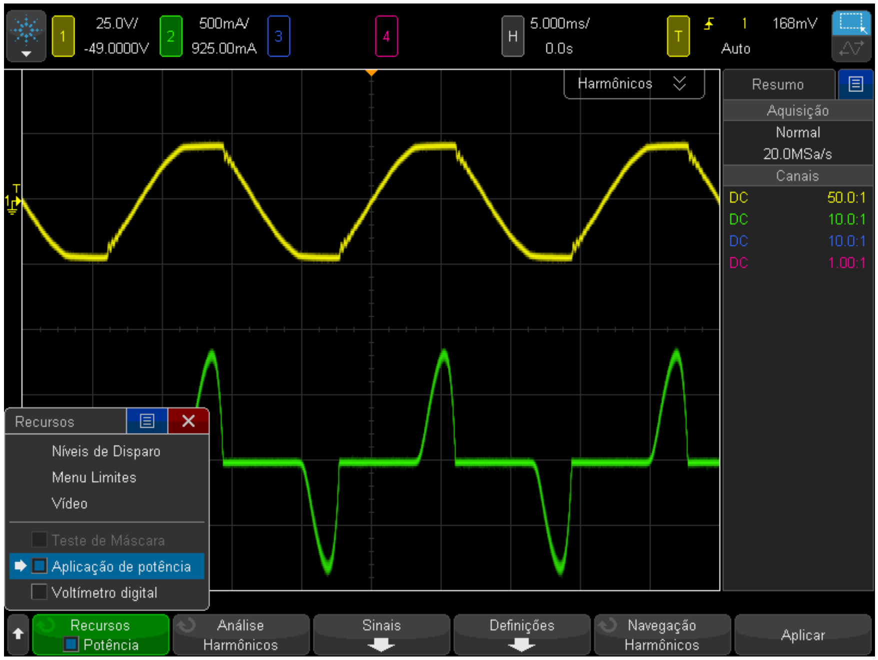


Este capítulo fornece uma visão geral das etapas que devem ser seguidas ao se fazer medições de potência pela primeira vez.

## Etapa 1: Acesse a aplicação de medição de potência

Para acessar a aplicação de medição de potência no osciloscópio:

1 Pressione a tecla **[Analyze] Analisar**.
2 Pressione **Recursos**; em seguida, selecione **Aplicação de potência**.
3 Pressione **Recursos** novamente para habilitar as medições de potência.




**Próximo** • "Etapa 2: Realizar realinhamento de canal" na página 16

## Etapa 2: Realizar realinhamento de canal

Para fazer medições precisas de perda de potência, é preciso realizar o realinhamento de canais de tensão e corrente utilizando o recurso de realinhamento U1880A. O procedimento de realinhamento de canais calibra o retardo de tempo entre as pontas de prova de tensão e de corrente.

Inicialmente, é preciso realizar o procedimento de realinhamento uma vez. Quando houver mudanças em quaisquer partes da configuração de hardware (por exemplo, uma ponta de prova diferente, diferentes canais do osciloscópio etc.) ou quando a temperatura ambiente mudar, será preciso repetir o processo.

Para realizar o realinhamento de canal:

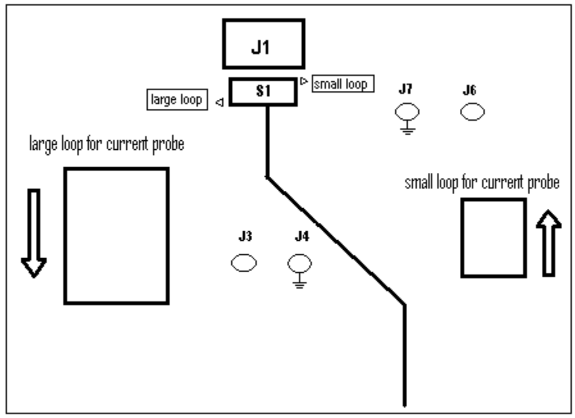
1 Primeiramente, desmagnetize e ajuste a zero a ponta de prova de corrente. Consulte a documentação da ponta de prova de corrente para mais instruções sobre como fazer isso.

2 Fazer conexões ao dispositivo de realinhamento U1880A:

| | **Ciclo pequeno** | **Ciclo grande** |
|---|---|---|
| **Para pontas de prova de corrente:** | • 1.147B (50 MHz, 15A)<br>• N2893A (10 MHz, 15A)<br>• N2782A (50 MHz, 30A)<br>• N2783A (100 MHz, 30A) | • N2780A (2 MHz, 500A)<br>• N2781A (10 MHz, 150A) |
| **Conecte a ponta de prova diferencial de alta tensão a:** | • J5 (conector de 2.54 mm)<br>• J6 e J7 (tipo jacaré) | • J2 (conector de 2.54 mm)<br>• J3 e J4 (tipo jacaré) |

a Conecte D+ e D- da ponta de prova diferencial de alta tensão ao recurso de realinhamento.

b Conecte a ponta de prova de corre ao ciclo de corrente com a seta direcionada para o fluxo da corrente.




c Certifique-se de que a chave no recurso de realinhamento está definida no lado apropriado do recurso ("ciclo pequeno" ou "ciclo grande").

d Utilizando um cabo USB, conecte o recurso de realinhamento a uma porta USB em seu osciloscópio ou em um PC. A porta USB fornece energia para o recurso de realinhamento.

3 No menu principal da Aplicação de Potência, pressione **Sinais**.

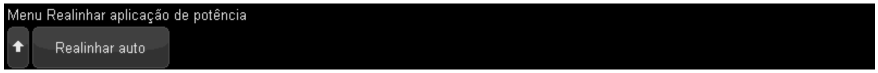
4 No menu Sinais da Aplicação de Potência, pressione a softkey **Tensão** e use o botão Entry para selecionar o canal analógico realizando a prova do sinal de tensão.




5 Pressione a softkey **Corrente** e utilize o controle Entry para selecionar o canal analógico que está aplicando a ponta de prova no sinal de corrente.

6 Pressione a softkey **Realinhamento**.

7 No menu Realinhamento da Aplicação de Potência, pressione **Realinhamento automático**.

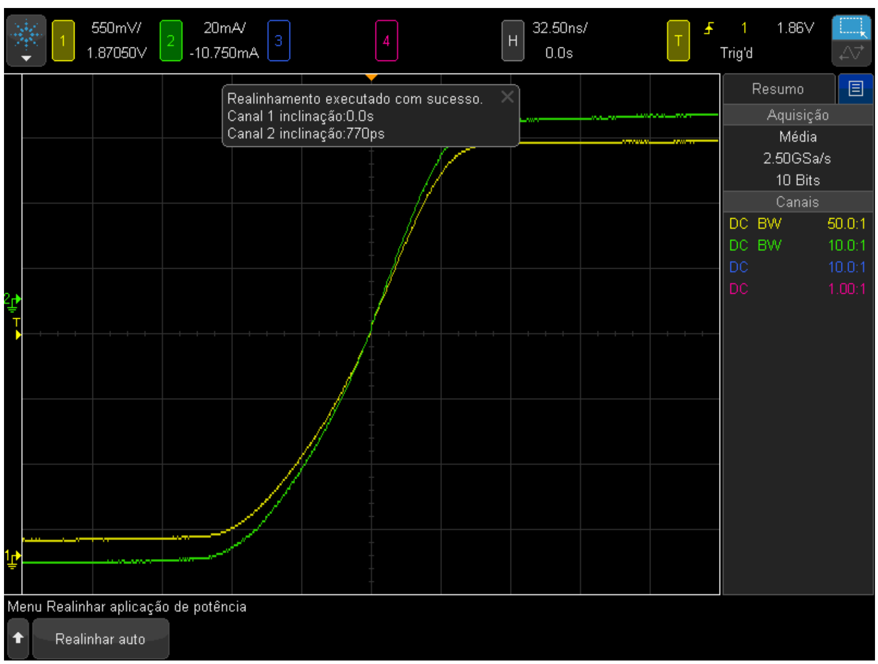



**NOTA**

Sempre que possível, utilize a configuração de atenuação mais baixa nas pontas de prova diferenciais de alta tensão, pois os níveis de tensão no recurso de realinhamento são muito pequenos. A utilização de uma configuração de atenuação mais alta poderia gerar valores de alinhamento imprecisos (afetando as medições realizadas), considerando que o nível de ruído também é aumentado.

---

Quando o processo de realinhamento é concluído, é possível ver uma mensagem indicando se o realinhamento foi bem-sucedido e, em caso positivo, quais são as configurações utilizadas.




8 Pressione a tecla Back Voltar/Subir duas vezes para retornar ao menu principal da Aplicação de Potência.

Os valores de realinhamento ficam salvos no osciloscópio até que se realize uma reconfiguração aos padrões de fábrica ou um apagamento seguro. Quando a Aplicação de Potência for executada novamente, será possível utilizar os valores de realinhamento salvos ou realizar novamente o realinhamento.

Normalmente, o realinhamento deverá ser executado novamente quando parte das configurações de teste sofrer alterações (por exemplo, uma ponta de prova ou um canal do osciloscópio diferentes etc.) ou quando a temperatura ambiente mudar.

**Veja também**

- *"Guia do usuário do recurso de realinhamento U1880A"*.

**Próximo**

- "Etapa 3: Selecione o tipo de análise de potência" na página 20

## Etapa 3: Selecione o tipo de análise de potência

1 No menu principal do Aplicação de Potência, pressione a softkey **Análise**; então, gire o botão Entry para selecionar o tipo de análise de potência.

   Os seguintes tipos de análise de potência estão disponíveis:

   - Harmônicos de corrente
   - Eficiência
   - Corrente de entrada
   - Modulação
   - Qualidade da potência
   - Perda de comutação
   - Resposta transiente
   - Ligar/Desligar
   - Ondulação de saída
   - PSRR (taxa de rejeição da fonte de alimentação)
   - Taxa de variação

**Próximo**

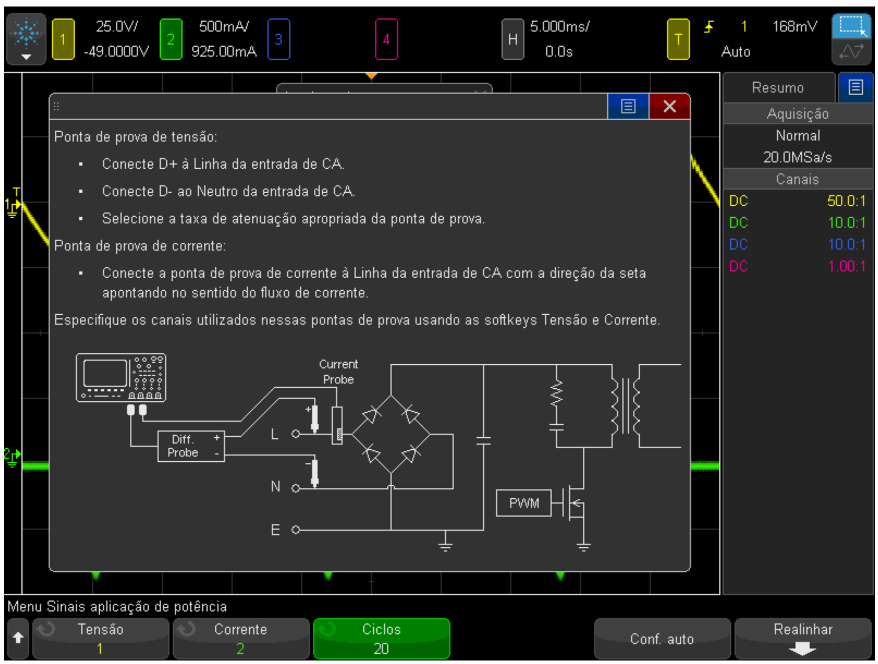
- "Etapa 4: Faça conexões DUT e configure os sinais" na página 21

## Etapa 4: Faça conexões DUT e configure os sinais

Para cada tipo de análise de potência, há uma softkey **Sinais** e um menu para especificar os canais do osciloscópio sendo usados e configurar outras opções relacionadas.

1 No menu principal da Aplicação de Potência, pressione a tecla **Sinais**.

2 No menu Sinais da Aplicação de Potência, conecte as pontas de prova ao dispositivo sendo testado e ao osciloscópio, conforme mostrado no diagrama de conexão.




3 No exemplo acima, você pressiona as softkeys **Tensão** e **Corrente** e verifica se o canal analógico apropriado está selecionado.

**NOTA**

Certifique-se de selecionar o fator de atenuação correto utilizado para a ponta de prova de tensão.

O fator de atenuação multiplicado pela tensão de saída máxima da ponta de prova gera o sinal máximo de entrada. Por exemplo, a tensão de saída máxima da ponta de prova é ±7V; sendo assim, uma proporção de atenuação 100:1 gera um sinal máximo de entrada de ±700V.

**NOTA**

Ainda, verifique se selecionou o fator de atenuação correto utilizado para a ponta de prova de corrente.

4 Se outras softkeys estiverem presentes para configurar opções relacionadas, como a softkey **Ciclos** no exemplo acima, use-as para especificar as configurações adequadas.
5 Se estiver presente, pressione a softkey **Configuração automática** para dimensionar e posicionar automaticamente os canais de tensão e corrente e, talvez, definir tempo/div.
6 Pressione a tecla [Back] Voltar/Subir para retornar ao menu principal do Aplicação de Potência.

**Próximo**

• "Etapa 5: Alterar configurações de análise (se disponível)" na página 22

## Etapa 5: Alterar configurações de análise (se disponível)

Se houver configurações disponíveis para o tipo de análise de potência escolhida, haverá uma softkey **Configurações** ou outras no menu principal da Aplicação de Potência. Para especificar as configurações de análises da potência:

1 No menu principal do Aplicação de Potência, pressione a softkey **Configurações** ou outras para realizar as configurações adequadas para o tipo de análise sendo realizada.

   Por exemplo, o menu de configuração dos Harmônicos de corrente é como a seguir:




Para ver as descrições das configurações disponíveis para cada tipo de análise de potência, consulte o Capítulo 3, “Realizando análise de potência,” inicia na página 25.

2 Quando tiver terminado de alterar as configurações, volte ao menu principal da Aplicação de Potência (se for necessário, pressione a tecla Back/Up (Voltar/Subir).

**Próximo**

- "Etapa 6: Aplicar a análise" na página 23

## Etapa 6: Aplicar a análise

Cada tipo de análise de potência fornece uma softkey **Aplicar** para iniciar a análise.

1 No menu principal da Aplicação de Potência, pressione **Aplicar**.

**Próximo**

- "Etapa 7: Visualizar os resultados da análise" na página 23

## Etapa 7: Visualizar os resultados da análise

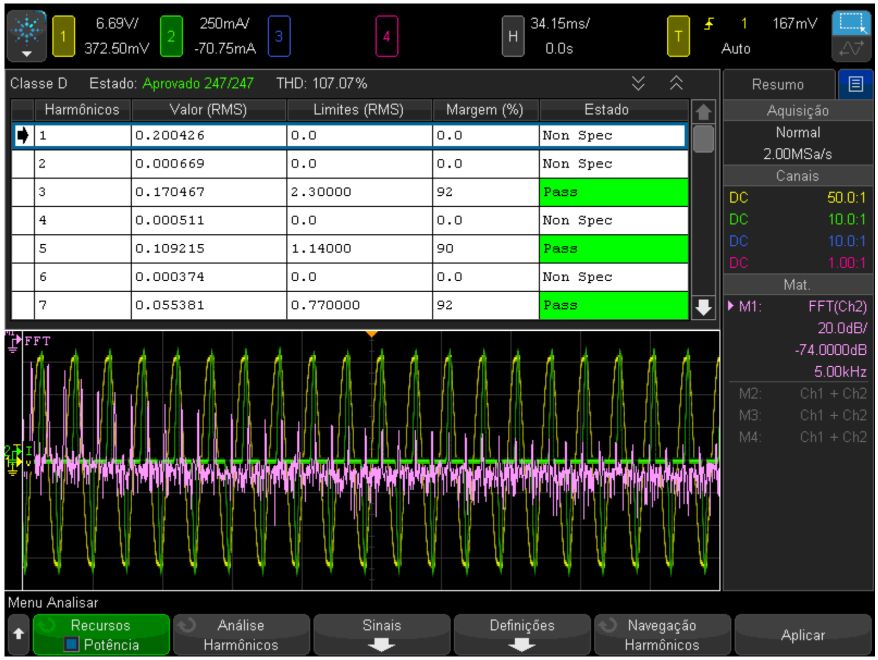
Quando uma análise de potência tiver sido concluída, é possível visualizar os resultados dos seguintes modos:

- Visualização dos resultados de análise de potência na tela.
- Inclusão de medições de potência automáticas.

**Visualizar resultados da análise de potência na tela**

Os resultados da análise de potência são exibidos na tela do osciloscópio.

Por exemplo, abaixo está exibido o resultado da análise de Harmônicos de corrente:




**Inclusão de medições de potência automáticas**

Assim como é possível incluir medições automáticas de tensão (pico a pico, máximo, mínimo etc.) e de tempo (frequência, período, tempo de subida, tempo de descida etc.), também é possível incluir medições de potência automáticas. Consulte o Capítulo 4, "Medições automáticas de potência," inicia na página 65.

**Veja também**

Para saber mais sobre os tipos individuais de análises de potência, seus sinais de entrada, configurações e resultados, consulte:

- Capítulo 3, "Realizando análise de potência," inicia na página 25

# 3
# Realizando análise de potência



Este capítulo descreve os tipos de análise de potência que podem ser realizados com a Aplicação de Medição de Potência, as conexões adequadas das pontas de provas ao dispositivo em teste, configuração de sinal, definições e resultados.

## Medições de entrada


- "Qualidade da potência" na página 25
- "Harmônica de corrente" na página 30
- "Corrente de entrada" na página 35


### Qualidade da potência

A análise de Qualidade da potência mostra a qualidade da linha de entrada CA.

Uma parte da corrente CA pode voltar a fluir para dentro e para fora da carga sem fornecer energia. Essa corrente, chamada de corrente reativa ou harmônica, aumenta uma potência "aparente", que é maior do que a potência real consumida. A qualidade da potência é avaliada por estas medições: fator de potência, potência aparente, potência real, potência reativa, fator de crista e ângulo de fase da corrente e da tensão da linha CA.

**Configuração de sinais**

1 Com a análise da **Qualidade da potência** selecionada no menu principal Aplicação de Potência, pressione a softkey **Sinais**.

2 Conecte suas pontas de prova ao dispositivo sob teste e ao osciloscópio, como mostrado no diagrama de conexão.

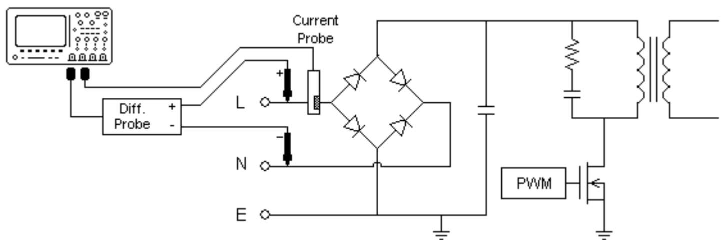



**Figura 2** Configuração típica para testes de análise de linha de entrada

a Conecte D+ da ponta de prova de tensão ao fio energizado da entrada CA.

b Conecte D- da ponta de prova de tensão ao fio energizado da entrada CA.

c Na ponta de prova de tensão, selecione a proporção adequada de atenuação.

d Conecte a ponta de prova de corrente ao fio energizado da entrada CA com a seta apontando para o fluxo da corrente.

e Conecte as pontas de prova de tensão e de corrente aos canais de entrada do osciloscópio.

3 Pressione as softkeys **Tensão** e **Corrente** e certifique-se de que o canal analógico apropriado esteja selecionado.




4 Certifique-se de que os fatores adequados de atenuação de ponta de prova estejam definidos no osciloscópio para as pontas de prova de tensão e corrente.

**5** Pressione a softkey **Ciclos**; então, gire o botão Entry para selecionar o número desejado de ciclos para capturar em uma aquisição.

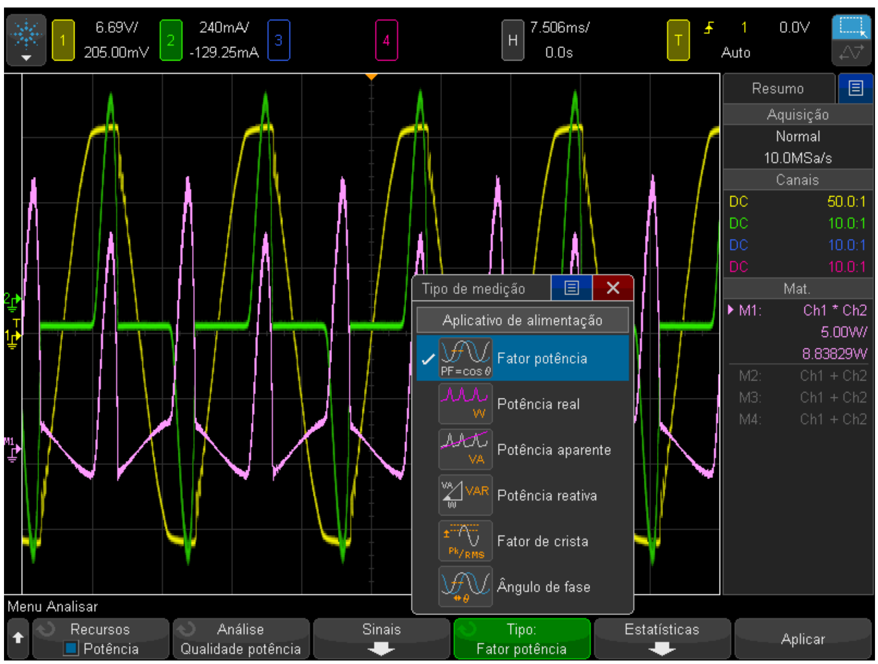
**6** Pressione a softkey **Conf. Auto** para ajustar automaticamente a escala vertical e a posição dos canais de tensão e de corrente.

A forma de onda de potência também é exibida, que é o operador matemático de multiplicação das formas de onda de tensão e corrente.

**7** Pressione a tecla Back Voltar/Subir para retornar ao menu principal do Aplicação de Potência.

**Configurações**

**1** No menu principal da Aplicação de Potência, pressione a softkey **Tipo:** ; depois, gire o botão Entry para selecionar o tipo de medição a ser feito na análise de qualidade da potência:




- **Fator de potência** — Proporção da potência real para a potência aparente.

- **Potência real (de fato)** — A porção de fluxo de potência que, com base em uma média de ciclo completo da forma de onda CA, resulta em transferência líquida de energia em uma direção.
- **Potência aparente** — A porção de fluxo de potência devido à energia armazenada, que retorna para a fonte em cada ciclo.
- **Potência reativa** — A diferença entre potência aparente e potência real devido à reatância.
- **Fator de crista** — Fator de crista é a proporção entre a corrente/tensão de pico instantânea solicitada pela carga e a corrente/tensão RMS (RMS significa Root Mean Square, que é um tipo de média).
- **Ângulo de Fase** — No *triângulo de potência* (o triângulo direito em que $potência_aparente^2 = potência_real^2 + potência_reativa^2$), ângulo de fase é o ângulo entre a potência aparente e a potência real, indicando a quantidade de potência reativa.

**Resultados da análise**

Para executar a análise, pressione **Aplicar** no menu principal Aplicação de potência.

Quando a análise for concluída, os resultados serão exibidos.




As formas de onda de tensão e corrente são exibidas, assim como a forma de onda da potência de entrada (operador matemático de multiplicação das formas de onda da tensão e da corrente). Também são exibidas as medições de qualidade da potência que você selecionou e aplicou:

- "Fator de potência" na página 65
- "Potência real" na página 66
- "Potência aparente" na página 66
- "Potência reativa" na página 66
- "Fator de crista" na página 67
- "Ângulo de fase" na página 67

As medições de qualidade da potência são calculadas dividindo-se as formas de onda de tensão e de corrente obtidas pelo número de ciclos especificado.

**Medições automáticas**

Você pode adicionar essas medições automáticas relevantes usando a tecla **[Meas] Medição** e o menu.

Medições de tensão automáticas (consulte o *Guia do usuário* do osciloscópio para obter mais informações):

- CA - RMS

## Harmônica de corrente

Fontes de alimentação comutadas drenam conjuntos de harmônicos da rede elétrica CA.

Limites-padrão são definidos para esses harmônicos porque estes podem voltar para a rede de fornecimento e causar problemas em outros dispositivos da rede.

Use a análise de Harmônicos de corrente para testar os harmônicos de corrente da fonte de alimentação comutada de acordo com o padrão de pré-conformidade IEC61000-3-2 (Classe A, B, C ou D). A análise apresenta até 40 harmônicos.

**Configuração de sinais**

1 Com a análise da **Harmônica de corrente** selecionada no menu principal Aplicação de Potência, pressione a softkey **Sinais**.
2 Conecte suas pontas de prova ao dispositivo sob teste e ao osciloscópio, como mostrado no diagrama de conexão.

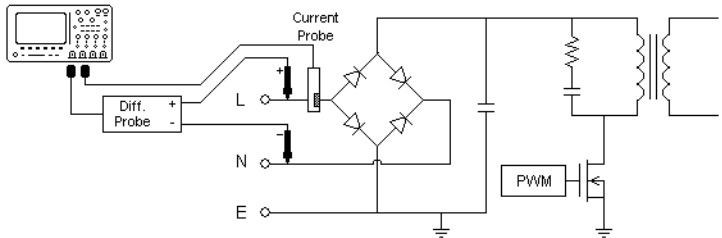



**Figura 3** Configuração típica para testes de análise de linha de entrada

**a** Conecte D+ da ponta de prova de tensão ao fio energizado da entrada CA.

**b** Conecte D- da ponta de prova de tensão ao fio energizado da entrada CA.

**c** Na ponta de prova de tensão, selecione a proporção adequada de atenuação.

**d** Conecte a ponta de prova de corrente ao fio energizado da entrada CA com a seta apontando para o fluxo da corrente.

**e** Conecte as pontas de prova de tensão e de corrente aos canais do osciloscópio desejados.

**3** Pressione as softkeys **Tensão** e **Corrente** e certifique-se de que os canais analógicos apropriados estejam selecionados.




**4** Certifique-se de que os fatores adequados de atenuação de ponta de prova estejam definidos no osciloscópio para as pontas de prova de tensão e corrente.

**5** Pressione a softkey **Ciclos**; então, gire o botão Entry para selecionar o número desejado de ciclos para capturar em uma aquisição.

**6** Pressione a softkey **Configuração automática** para definir automaticamente a escala e a posição dos canais de tensão e corrente, além do valor tempo/div apropriado.

A janela Hanning FFT também é definida automaticamente (para que seja obtida a melhor resolução de frequência e o menor nível de vazamento de espectro). Se você escolher configurar os sinais manualmente, pode selecionar outras janelas FFT para análise, como a janela Blackman-Harris (para mínimo vazamento de espectro) ou a janela Hamming(para melhor resolução de frequência e vazamento espectral moderado).

7 Pressione a tecla Back Voltar/Subir para retornar ao menu principal do Aplicação de Potência.

**Configurações**

1 No menu principal da Aplicação de Potência, pressione a tecla **Configurações**.

2 No menu Harmônicos de corrente da Aplicação de Potência, defina as configurações apropriadas.




**Tabela 3** Configurações de análise de harmônicos de corrente

| Configuração | Descrição |
|---|---|
| **Frequência de linha** | Insira a frequência de linha. |

**Tabela 3** Configurações de análise de harmônicos de corrente (continued)

| Configuração | Descrição |
|---|---|
| **Padrão de harmônica de corrente** | Selecione o padrão para realizar o teste de conformidade na harmônica de corrente.<br>• IEC 61000-3-2 Classe A — para equipamentos trifásicos equilibrados, aparelhos domésticos (exceto equipamentos com identificação Classe D), ferramentas que não sejam portáteis, controles de intensidade de lâmpadas incandescentes e equipamentos de som.<br>• IEC 61000-3-2 Classe B — para ferramentas portáteis.<br>• IEC 61000-3-2 Classe C — para equipamentos de iluminação. A Classe C requer um cálculo de fator de potência que é realizado quando a softkey **Aplicar** (no menu principal da Aplicação de Potência) é pressionada. Por esse motivo, é permitido selecionar Classe C somente quando a Aplicação de Potência está desabilitada, pois força você a pressionar **Aplicar** (novamente) para realizar a análise.<br>• IEC 61000-3-2 Classe D — para equipamentos com uma potência especificada menor ou igual a 600 W e que sejam dos seguintes tipos: computadores pessoais e monitores para computadores pessoais, receptores de televisão. |
| **Exibir** | Escolha como os harmônicos serão exibidos:<br>• Tabela.<br>• Gráfico de barras.<br>• Desativado — Os resultados da medição dos harmônicos não são exibidos. |

Depois de ter sido realizada a análise, é possível retornar ao menu configurações para alterar o tipo de exibição e, se os resultados forem exibidos na forma de gráfico de barras ou tabela, pressione a softkey **Navegar na harmônica** e use o botão Entry para navegar para os resultados da análise harmônica de corrente.

3 Quando tiver terminado de alterar as configurações, pressione a tecla Back/Up (Voltar/Subir) para retornar ao menu principal da Aplicação de Potência.

**Resultados de análise**

Para executar a análise, pressione **Aplicar** no menu principal Aplicação de potência.

Quando a análise for concluída, os resultados serão exibidos.

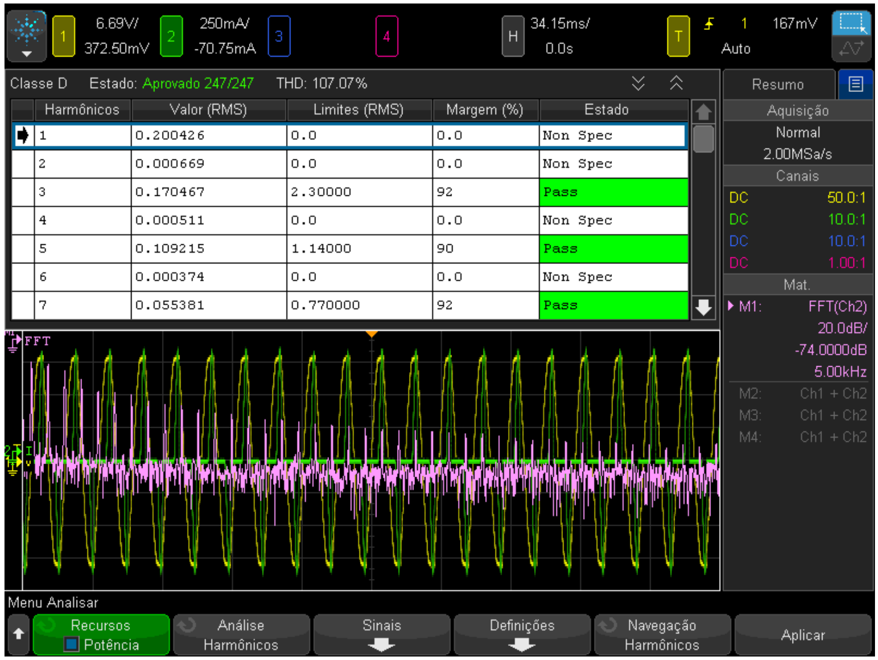



**Tabela 4** Resultados do teste de harmônicos de corrente

| | |
|---|---|
| Forma de onda FFT | Mostra os componentes de frequência na corrente de entrada. A FFT é calculada usando-se a janela Hanning. |
| Harmônica, Valor real (RMS), Limite (RMS), Margem, Status de aprovação/reprovação | Para os primeiros 40 harmônicos, estes valores serão exibidos:<br>• Valor real (RMS) — o valor medido nas unidades especificadas pelo parâmetro Unidade dos harmônicos.<br>• Limite (RMS) — o limite especificado pelo parâmetro Padrão dos harmônicos de corrente selecionado.<br>• Margem (RMS) — a margem especificada pelo parâmetro Padrão dos harmônicos de corrente selecionado.<br>• Status — independentemente de o valor passar ou falhar, de acordo com o Padrão dos harmônicos de corrente selecionado.<br>As linhas na tabela ou as barras no gráfico são identificadas pela cor de acordo com os valores que passam/falham.<br>Os resultados marginais são maiores do que 85% do limite, porém menores do que 100% do limite. |

**Tabela 4** Resultados do teste de harmônicos de corrente (continued)

| | |
|---|---|
| THD (distorção harmônica total) | $$\mathrm{THD} = 100 \times \frac{\sqrt{X_2^2 + X_3^2 + X_n^2 + \ldots}}{X_1}$$ Em que:<br>• $X_n$ = tensão ou corrente de cada harmônico<br>• $X_1$ = valor de tensão ou corrente fundamental |

**Salvar resultados do teste de harmônicos**

Para salvar os resultados do teste de harmônicos de corrente em um dispositivo de armazenamento USB

1 Pressione a tecla **[Save/Recall] Salvar/Recup.**
2 No menu Salvar/Recuperar, pressione a softkey **Salvar**.
3 No menu Salvar, pressione a softkey **Formato** e gire o controle Entry para selecionar **Dados de harmônica de corrente (*.csv)** .
4 Pressione a softkey na segunda posição e use o controle Entry para navegar até o local de gravação. Consulte o *Guia do usuário* do osciloscópio para obter informações sobre como navegar pelos locais de armazenamento.
5 Por fim, pressione a softkey **Pressione para salvar**.

Uma mensagem indicando se a gravação foi bem-sucedida será exibida.

**Medições automáticas**

Você pode adicionar essas medições automáticas relevantes usando a tecla **[Meas] Medição** e o menu.

Medições da Aplicação de Potência automática:

- "Potência aparente" na página 66
- "Fator de crista" na página 67

Medições de tensão automáticas (consulte o *Guia do usuário* do osciloscópio para obter mais informações):

- CA - RMS

## Corrente de entrada

A análise de corrente de partida mede a corrente de partida de pico da fonte de alimentação assim que esta é ligada pela primeira vez.

**Configuração de sinais**

1 Com a análise de **Entrada** selecionada no menu principal Aplicação de Potência, pressione a softkey **Sinais**.

2 Conecte suas pontas de prova ao dispositivo sob teste e ao osciloscópio, como mostrado no diagrama de conexão.

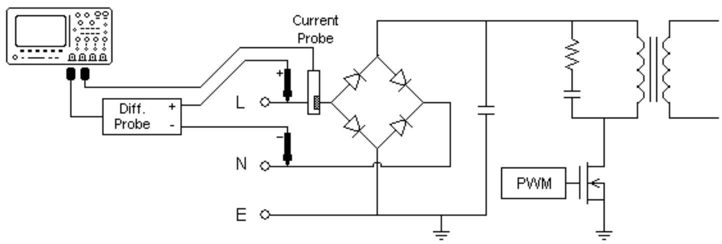



**Figura 4** Configuração típica para testes de análise de corrente de partida

a Conecte D+ da ponta de prova de tensão ao fio energizado da entrada CA.

b Conecte D- da ponta de prova de tensão ao fio energizado da entrada CA.

c Na ponta de prova de tensão, selecione a proporção adequada de atenuação.

d Conecte a ponta de prova de corrente ao fio energizado da entrada CA com a seta apontando para o fluxo da corrente.

e Conecte as pontas de prova de tensão e de corrente aos canais de entrada do osciloscópio.

3 Pressione as softkeys **Tensão** e **Corrente** e certifique-se de que os canais analógicos apropriados estejam selecionados.




4 Certifique-se de que os fatores adequados de atenuação de ponta de prova estejam definidos no osciloscópio para as pontas de prova de tensão e corrente.

**5** Pressione a softkey **Esperado**; então, gire o botão Entry para especificar a amplitude da corrente de entrada esperada. Isso define a escala vertical da corrente da ponta de prova do canal.

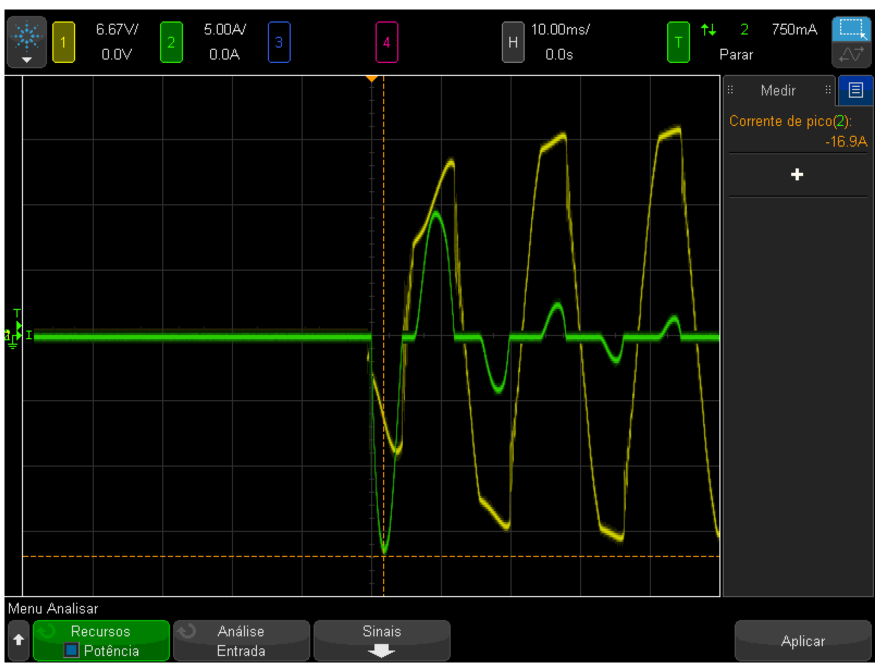
**6** Pressione a softkey **Vin Máx**; em seguida, gire o controle Entry para selecionar a tensão de entrada máxima. Isso define a escala vertical da tensão da ponta de prova do canal.

**7** Pressione a tecla Voltar/Subir para retornar ao menu principal do Aplicação de Potência.

**Resultados de análise**

Para executar a análise, pressione **Aplicar** no menu principal Aplicação de potência.

Siga as instruções exibidas na tela. Quando a análise for concluída, os resultados serão exibidos.




As formas de onda de tensão e corrente são exibidas. Além disso, estas medições de potência automáticas são exibidas:

- "Corrente de pico" na página 69

# Medições de comutação


- "Perda de comutação" na página 38
- "Taxa de variação" na página 43
- "Modulação" na página 45


## Perda de comutação

A análise de Perda de comutação calcula a potência dissipada nos ciclos de comutação no dispositivo de comutação. As perdas de potência típicas incluem:

- Perdas de comutação que ocorrem durante a comutação de Vds e Id.
- Perdas de condução que ocorrem quando o dispositivo de comutação (MOSFET) está ativo.

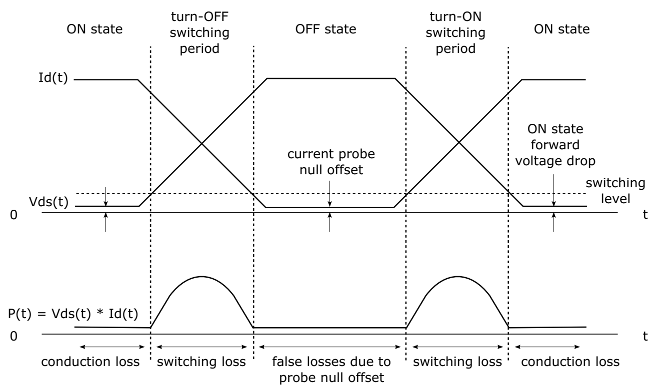



**Figura 5** Ocorrência de perda no dispositivo de potência

Os engenheiros de projeto usam essas informações para aumentar a eficiência de conversão de potência da fonte de alimentação.

A perda de comutação é também usada para quantificar a perda de potência transferida para o dissipador de calor do dispositivo de potência.

**Configuração de sinais**

1 Com a análise de **Perda de comutação** selecionada no menu principal Aplicação de Potência, pressione a softkey **Sinais**.

2 Conecte suas pontas de prova ao dispositivo sob teste e ao osciloscópio, como mostrado no diagrama de conexão.

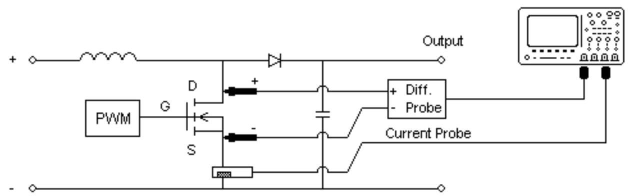



**Figura 6** Configuração típica para testes de análise de dispositivo de potência

- **a** Conecte D+ da ponta de prova de tensão à fonte do MOSFET.
- **b** Conecte D- da ponta de prova de tensão ao dreno do MOSFET.
- **c** Na ponta de prova de tensão, selecione a proporção adequada de atenuação.
- **d** Conecte a ponta de prova de corrente ao dreno do MOSFET com a direção da seta apontando na direção do fluxo da corrente.
- **e** Conecte as pontas de prova de tensão e de corrente aos canais de entrada do osciloscópio.

3 Pressione as softkeys **Tensão** e **Corrente** e certifique-se de que o canal analógico apropriado esteja selecionado.




4 Certifique-se de que os fatores adequados de atenuação de ponta de prova estejam definidos no osciloscópio para as pontas de prova de tensão e corrente.

5 Pressione a softkey **Conf. Auto** para ajustar automaticamente a escala vertical e a posição dos canais de tensão e de corrente.

6 Pressione a tecla Back Voltar/Subir para retornar ao menu principal do Aplicação de Potência.

**Configurações**

1 No menu principal da Aplicação de Potência, pressione a tecla **Configurações**.

2 No menu Perda de comutação da aplicação de potência , faça as configurações apropriadas.

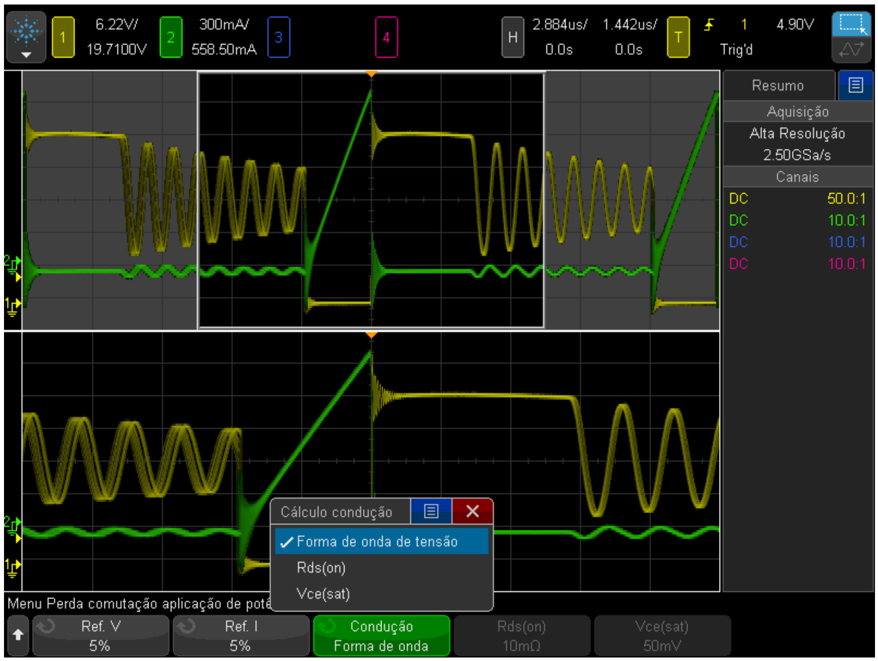



**Tabela 5** Configurações de análise de perda de comutação

| Configuração | Descrição |
|---|---|
| **Ref V** | Informe o nível de comutação das bordas de comutação. O valor está na porcentagem da tensão de comutação máxima.<br>Você pode ajustar esse valor para ignorar os pisos de ruído.<br>Esse valor especifica o limite usado para determinar as bordas de comutação. |

**Tabela 5** Configurações de análise de perda de comutação (continued)

| Configuração | Descrição |
|---|---|
| **Ref I** | Informe o nível de comutação do início das bordas de comutação. O valor está na porcentagem da corrente de comutação máxima.<br>Você pode ajustar esse valor para ignorar pisos de ruído ou deslocamento nulo que seja difícil de eliminar em pontas de prova de corrente.<br>Esse valor especifica o limite usado para determinar as bordas de comutação. |
| **Condução** | Escolha como calcular a condução:<br>• Forma de onda de tensão – A forma de onda de potência usa os dados originais, e o cálculo é: P = V x I<br>• Rds(ligado) — A forma de onda de potência inclui correção de erro:<br>  • Na zona ativa (onde o nível de tensão fica abaixo de V Ref) – o cálculo de potência é: P = Id2 x Rds(on)<br>  Especifique **Rds(ligado)** usando a softkey adicional.<br>  • Na zona inativa (onde o nível de corrente fica abaixo de I Ref) – o cálculo de potência é: P = 0 Watt.<br>• Vce(sat) – A forma de onda de potência inclui a correção de erro<br>  • Na zona ativa (onde o nível de tensão fica abaixo de V Ref) – o cálculo de potência é: P = Vce(sat) x Ic<br>  Especifique **Vce(sat)** usando a softkey adicional.<br>  • Na zona inativa (onde o nível de corrente fica abaixo de I Ref) – o cálculo de potência é: P = 0 Watt. |

3 Quando tiver terminado de alterar as configurações, pressione a tecla Back/Up (Voltar/Subir) para retornar ao menu principal da Aplicação de Potência.

**Resultados de análise**

Para executar a análise, pressione **Aplicar** no menu principal Aplicação de potência.

Quando a análise for concluída, os resultados serão exibidos.




As formas de onda de tensão e corrente são exibidas, assim como a forma de onda da potência (operador matemático de multiplicação das formas de onda da tensão e da corrente). As estatísticas e as medições de potência automáticas também são exibidas:

- "Perda de potência" na página 70
- "Perda potência/cic" na página 70
- "Perda de energia" na página 71

**Medições automáticas**

Você pode adicionar essas medições automáticas relevantes usando a tecla **[Meas] Medição** e o menu.

Medições automáticas de tempo (consulte o *Guia do Usuário* do osciloscópio para obter mais informações):

- Frequência

## Taxa de variação

A análise da Taxa de variação mede a taxa de mudança de tensão ou corrente durante a comutação.

**Configuração de sinais**

1 Com a análise da **Taxa de variação** selecionada no menu principal Aplicação de Potência, pressione a softkey **Sinais**.

2 Conecte suas pontas de prova ao dispositivo sob teste e ao osciloscópio, como mostrado no diagrama de conexão.

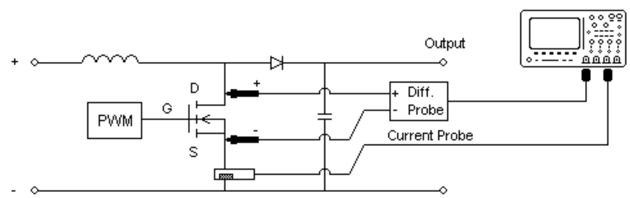



**Figura 7** Configuração típica para testes de análise de dispositivo de potência

- **a** Conecte D+ da ponta de prova de tensão à fonte do MOSFET.
- **b** Conecte D- da ponta de prova de tensão ao dreno do MOSFET.
- **c** Na ponta de prova de tensão, selecione a proporção adequada de atenuação.
- **d** Conecte a ponta de prova de corrente ao dreno do MOSFET com a direção da seta apontando na direção do fluxo da corrente.
- **e** Conecte as pontas de prova de tensão e de corrente aos canais de entrada do osciloscópio.

3 Pressione as softkeys **Tensão** e **Corrente** e certifique-se de que o canal analógico apropriado esteja selecionado.




4 Certifique-se de que os fatores adequados de atenuação de ponta de prova estejam definidos no osciloscópio para as pontas de prova de tensão e corrente.

5 Pressione a softkey **Conf. Auto** para ajustar automaticamente a escala vertical e a posição dos canais de tensão e de corrente.

6 Pressione a tecla (Back) Voltar/Subir para retornar ao menu principal do Aplicação de Potência.

**Configurações**

1 No menu principal Aplicação de potência, pressione a softkey **Fonte**; em seguida, gire o controle Entry para selecionar **dV/dt** ou **dI/dt** como a fonte para a análise da taxa de variação.




**Resultados da análise**

Para executar a análise, pressione **Aplicar** no menu principal Aplicação de potência.

Quando a análise for concluída, os resultados serão exibidos.



As formas de onda de tensão e corrente são exibidas juntamente com uma forma de onda de função matemática diferencial que mostra a taxa de variação.

As medições Máx. e Mín. na forma de onda de função matemática diferencial são adicionadas e exibidas.

**Tabela 6** Resultados do teste de taxa de variação

| | |
|---|---|
| dV/dt | [ $y_{(n)}$ - $y_{(n-1)}$ ] / [ $x_{(n)}$ - $x_{(n-1)}$ ], mede a taxa de variação do Vds do dispositivo de alimentação (MOSFET). |
| dI/dt | [ $y_{(n)}$ - $y_{(n-1)}$ ] / [ $x_{(n)}$ - $x_{(n-1)}$ ], mede a taxa de variação do Id do dispositivo de alimentação (MOSFET). |

## Modulação

A análise de modulação mede o sinal de pulso original para um dispositivo de comutação (MOSFET) e observa a tendência da largura do pulso, o ciclo de serviço, o período, a frequência etc. do sinal de pulso de controle em resposta a eventos diferentes.

**Configuração de sinais**

1 Com a análise da **Modulação** selecionada no menu principal Aplicação de Potência, pressione a softkey **Sinais**.

2 Conecte suas pontas de prova ao dispositivo sob teste e ao osciloscópio, como mostrado no diagrama de conexão.

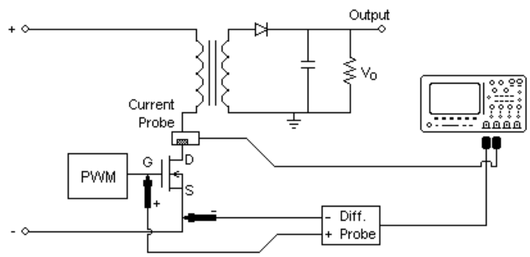



**Figura 8** Conexão de modo contínuo para testes de análise de modulação

   **a** Conecte D+ da ponta de prova de tensão ao gate do MOSFET.

   **b** Conecte D- da ponta de prova de tensão à fonte do MOSFET.

   **c** Na ponta de prova de tensão, selecione a proporção adequada de atenuação.

   **d** Conecte a ponta de prova de corrente ao dreno do MOSFET.

   **e** Conecte as pontas de tensão e de corrente aos canais de entrada do osciloscópio.

**3** Pressione as softkeys **Tensão** e **Corrente** e certifique-se de que os canais analógicos apropriados estejam selecionados.




**4** Certifique-se de que os fatores adequados de atenuação de ponta de prova estejam definidos no osciloscópio para as pontas de prova de tensão e corrente.

**5** Pressione a softkey **Duração**; então, gire o botão Entry para especificar o tempo para capturar sinais. Isso define a escala e tempo do osciloscópio.

**6** Pressione a softkey **Conf. Auto** para ajustar automaticamente a escala vertical e a posição dos canais de tensão e de corrente.

**7** Ajuste o nível de disparo para capturar formas de onda no mesmo lugar em cada ciclo (em outras palavras, estabilize a exibição da forma de onda.

8 Pressione a tecla Voltar/Subir para retornar ao menu principal do Aplicação de Potência.

**configurações**

1 No menu principal Aplicação de potência, pressione a softkey **Fonte**; em seguida, gire o controle Entry para selecionar Tensão ou Corrente como a fonte para a análise de modulação.



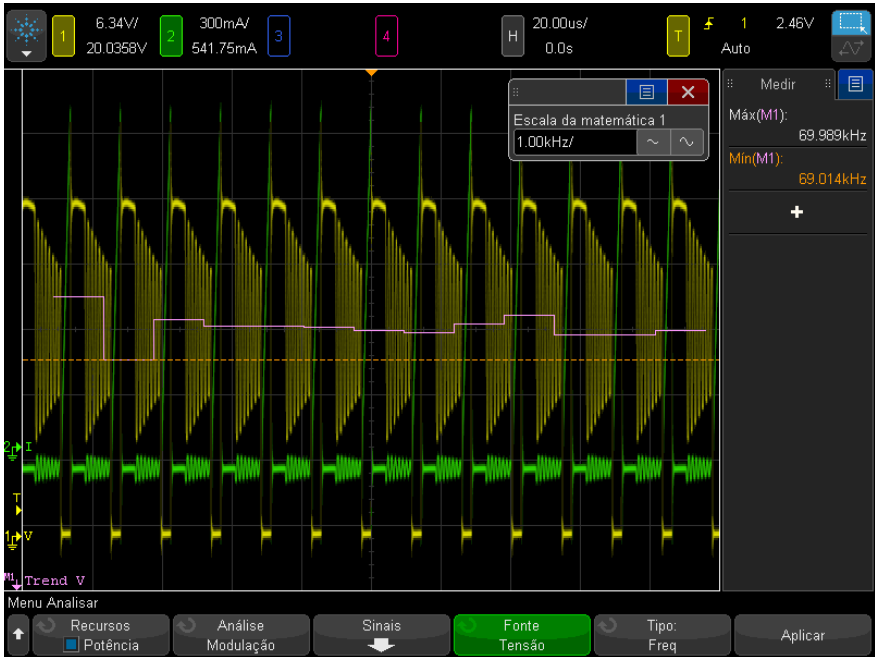

2 Pressione a softkey **Tipo:** ; depois, gire o botão Entry para selecionar o tipo de medição a ser feito na análise de modulação:

- Média
- RMS - CA
- Proporção
- Período
- Frequência
- Largura+
- Largura-
- Ciclo de serviço
- Tempo de subida
- Tempo de descida

**Resultados da análise**

Para executar a análise, pressione **Aplicar** no menu principal Aplicação de potência.

Quando a análise for concluída, os resultados serão exibidos.




A visualização da forma de onda matemática de Tendência de medição é usada para exibir a variação de medição de cada ciclo das formas de onda de modulação.

**Medições automáticas**

Você pode adicionar essas medições automáticas relevantes usando a tecla **[Meas] Medição** e o menu.

Medições de tensão automáticas (consulte o *Guia do usuário* do osciloscópio para obter mais informações):

- Média
- CA - RMS
- Proporção

Medições automáticas de tempo (consulte o *Guia do Usuário* do osciloscópio para obter mais informações):

- Período
- Frequência
- +Largura

- - Largura
- Ciclo de serviço
- Tempo de subida
- Tempo de descida

# Medição de saída


- "Ondulação de saída" na página 49
- "Ligar/desligar" na página 51
- "Resposta transiente" na página 54
- "PSRR (taxa de rejeição da fonte de alimentação)" na página 57
- "Eficiência" na página 61


## Ondulação de saída

A análise de Ondulação de saída mede o ruído de ondulação da saída da fonte de potência.

**Configuração de sinais**

1 Com a análise de **Ondulação de saída** selecionada no menu principal Aplicação de Potência, pressione a softkey **Sinais**.

2 Conecte suas pontas de prova ao dispositivo sob teste e ao osciloscópio, como mostrado no diagrama de conexão.

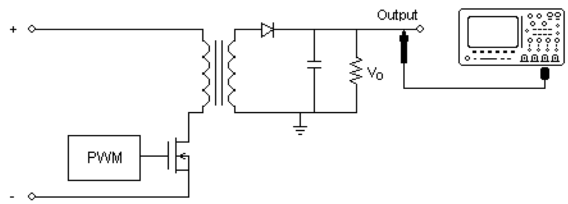



**Figura 9** Configuração típica para teste de ondulação da tensão de saída

- **a** Conecte a ponta de prova de tensão (passiva ou diferencial) à saída CC da fonte de alimentação.
- **b** Conecte a ponta de tensão a um canal de entrada do osciloscópio.

**3** Pressione a softkey **Tensão** e certifique-se de que o canal analógico apropriado esteja selecionado.




**4** Verifique se o fator de atenuação da ponta de prova correto está definido no osciloscópio para a ponta de prova de tensão.

**5** Pressione a softkey **Duração**; então, gire o botão Entry para selecionar a escala da medição.

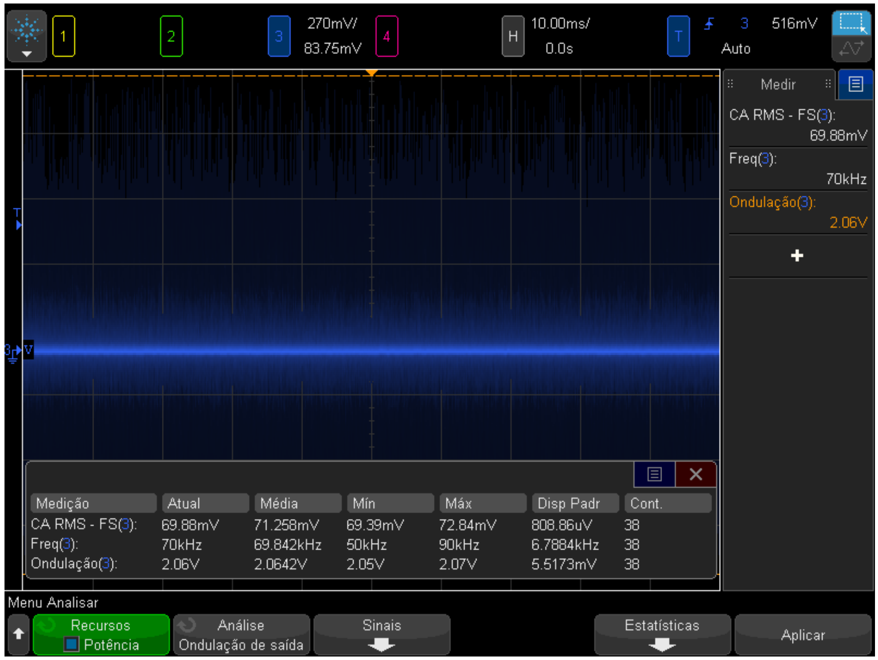
**6** Pressione a softkey **Configuração automática** para automaticamente ajustar a escala vertical e a posição do canal de tensão e também a escala de tempo.

**7** Pressione a tecla Back Voltar/Subir para retornar ao menu principal do Aplicação de Potência.

**Resultados da análise**

Para executar a análise, pressione **Aplicar** no menu principal Aplicação de potência.

Quando a análise for concluída, os resultados serão exibidos.




As formas de onda da tensão de saída são exibidas junto com a medição de potência automática:

- "Ondulação de saída" na página 67

## Ligar/desligar

A análise de Ligar determina com que rapidez uma fonte de alimentação ligada alcança 90% de sua saída de estado estável.

A análise de Desligar determina com que rapidez uma fonte de alimentação desligada reduz sua tensão de saída a 10% da máxima.

**Configuração de sinais**

1 Com a análise da **Ligar/desligar** selecionada no menu principal Aplicação de Potência, pressione a softkey **Sinais**.

2 Conecte suas pontas de prova ao dispositivo sob teste e ao osciloscópio, como mostrado no diagrama de conexão.

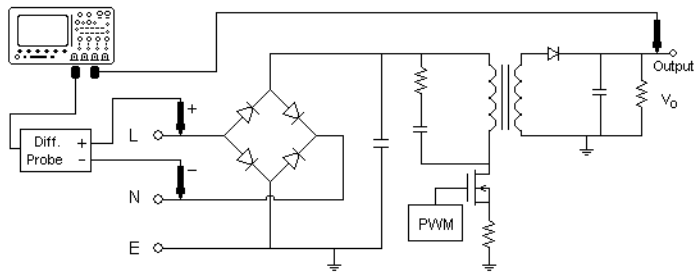



**Figura 10** Configuração típica para testes de análise de Ligar/Desligar

- **a** Conecte D+ da ponta de prova de tensão de entrada ao fio energizado da entrada CA.
- **b** Conecte D- da ponta de prova de tensão de entrada ao fio neutro da entrada CA.
- **c** Na ponta de prova de tensão de entrada, selecione a proporção de atenuação apropriada.
- **d** Conecte a ponta de prova de tensão de saída (passiva ou diferencial) à saída CC da fonte de alimentação.
- **e** Conecte as pontas de tensão aos canais de entrada do osciloscópio.

**3** Pressione as softkeys **Entrada V** e **Saída V** e certifique-se de que os canais analógicos apropriados estejam selecionados.




**4** Verifique se os fatores de atenuação da ponta de prova corretos estão definidos no osciloscópio para as pontas de prova de tensão.

**5** Pressione a softkey **Duração**; então, gire o botão Entry para selecionar a escala da medição.

**6** Pressione a softkey **Vin Máx**; em seguida, gire o controle Entry para selecionar a tensão de entrada máxima.

Insira a amplitude de tensão de origem máxima (pico-a-pico). A tensão de origem será usada para disparar o osciloscópio no teste de "Tempo de ativação".

Esse valor é usado para ajustar a escala vertical do canal que testa a tensão de entrada do osciloscópio.

7 Pressione a softkey **Saída contínua**; então gire o botão Entry para especificar a tensão CC de saída de estado contínuo esperada do fornecimento de tensão.

Esse valor é usado para ajustar a escala vertical do canal que testa a tensão de saída do osciloscópio.

8 Pressione a tecla Voltar/Subir para retornar ao menu principal do Aplicação de Potência.

**Configurações**

1 No menu principal do Aplicação de Potência, pressione a softkey **Teste**; então, gire o botão Entry para selecionar se deseja ligar ou desligar a realização da análise.

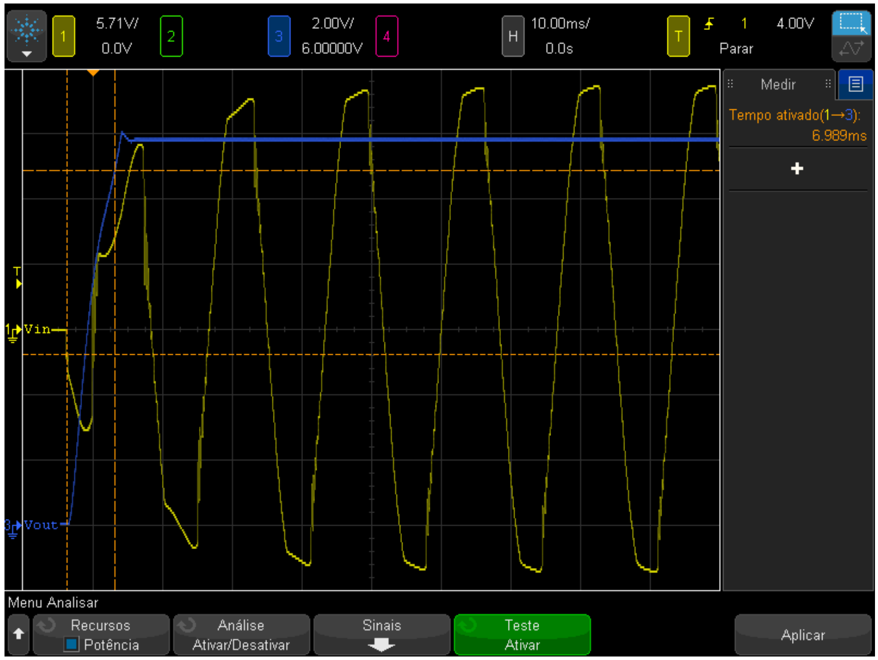



- Ativar – mede o tempo gasto para obter a tensão de saída da fonte de alimentação após a tensão de entrada ser aplicada.
- Desativar – mede o tempo gasto para desativar a tensão de saída da fonte de alimentação após a tensão de entrada ser removida.

**Resultados da análise**

Para executar a análise, pressione **Aplicar** no menu principal Aplicação de potência.

Siga as instruções apresentadas na tela. Quando a análise for concluída, os resultados serão exibidos.




As formas de onda de tensão de entrada e saída são exibidas. Além disso, estas medições de potência automáticas são exibidas:

- "Tempo de ativação" na página 69
- "Tempo de desativação" na página 70

## Resposta transiente

A análise de resposta transiente determina com que rapidez a tensão de saída da fonte de alimentação responde a uma mudança na carga de saída. Esse tempo vai desde quando a tensão de saída sai primeiro da banda de configuração até quando ela entra por último na banda de estabilização.

**Configuração de sinais**

1 Com a análise da **Resposta transiente** selecionada no menu principal Aplicação de Potência, pressione a softkey **Sinais**.

2 Conecte suas pontas de prova ao dispositivo sob teste e ao osciloscópio, como mostrado no diagrama de conexão.

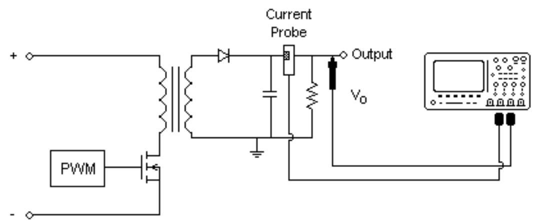



**Figura 11** Configuração típica para resposta transiente de saída de potência

**a** Conecte a ponta de prova de tensão (passiva ou diferencial) à saída CC da fonte de alimentação.

**b** Conecte a ponta de tensão a um canal de entrada do osciloscópio.

**c** Conecte a ponta de prova à carga de saída da fonte de alimentação.

A alteração na corrente de carga será usada para disparar o osciloscópio para capturar os transientes.

**d** Conecte a ponta de corrente a um canal de entrada do osciloscópio.

**3** Pressione as softkeys **Tensão** e **Corrente** e certifique-se de que o canal analógico apropriado esteja selecionado.




**4** Certifique-se de que os fatores adequados de atenuação de ponta de prova estejam definidos no osciloscópio para as pontas de prova de tensão e corrente.

**5** Pressione a softkey **Duração**; então, gire o botão Entry para selecionar a escala da medição.

**6** Pressione a softkey **Overshoot**; então gire o botão Entry para especificar a % de overshoot da tensão de saída.

Esse valor será usado para determinar o valor da banda de estabilização para a resposta transiente e ajustar a escala vertical do osciloscópio.

7 Pressione a softkey **Saída contínua**; então gire o botão Entry para especificar a tensão CC de saída de estado contínuo esperada do fornecimento de tensão.

   Esse valor é usado junto com a porcentagem de overshoot para especificar a banda de estabilização para a resposta transiente e ajustar a escala vertical do osciloscópio.

8 Pressione a tecla Back Voltar/Subir para retornar ao menu principal do Aplicação de Potência.

**Configurações**

1 No menu principal da Aplicação de Potência, pressione a tecla **Configurações**.

2 No menu Transiente da Aplicação de Potência, faça as configurações apropriadas.




**Tabela 7** Configurações de análise de resposta transiente

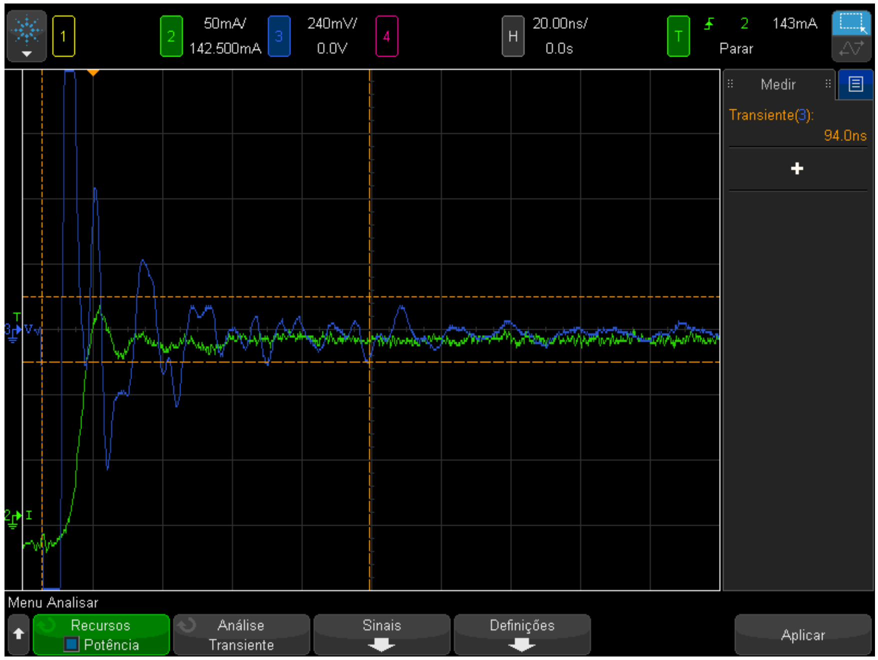
| Configuração | Descrição |
| --- | --- |
| **Inicial I** | Insira o valor da corrente de carga inicial. A corrente de carga inicial será usada como referência e para disparar o osciloscópio. |
| **Novo I** | Insira o valor da corrente de carga nova. A corrente de carga nova será usada como referência e para disparar o osciloscópio. |

3 Quando tiver terminado de alterar as configurações, pressione a tecla Back Back/Up (Voltar/Subir) para retornar ao menu principal da Aplicação de Potência.

**Resultados da análise**

Para executar a análise, pressione **Aplicar** no menu principal Aplicação de potência.

Siga as instruções apresentadas na tela. Quando a análise for concluída, os resultados serão exibidos.




As formas de onda de tensão e corrente são exibidas. Há marcas de datas e horas iniciais e finais que marcam a área medida. Além disso, estas medições de potência automáticas são exibidas:

- "Transiente" na página 69

## PSRR (taxa de rejeição da fonte de alimentação)

O teste de PSRR (taxa de rejeição da fonte de alimentação) é usado para determinar como um regulador de tensão rejeita o ruído de ondulação em uma faixa de frequência diferente.

Essa análise fornece um sinal a partir do gerador de forma de onda do osciloscópio que varia sua frequência. Esse sinal é usado para injetar ondulação na tensão CC que alimenta o regulador de tensão.

A proporção CA RMS da entrada em relação à saída é medida e exibida em uma gama de frequências.

Há várias formas diferentes de se medir PSRR. Como o osciloscópio tem um piso de ruído mais alto e sensibilidade menor em relação a um analisador de rede, é difícil medir PSRR melhor do que a -60 dB. O teste de PSRR usando o osciloscópio é geralmente aceitável para comportamento de PSRR geral de verificação de pontos de uma fonte de alimentação em teste.

**Configuração de sinais**

1 Com a análise da **Proporção de rejeição da alimentação de potência** selecionada no menu principal Aplicação de Potência, pressione a softkey **Sinais**.

2 Conecte suas pontas de prova ao dispositivo sob teste e ao osciloscópio, como mostrado no diagrama de conexão.

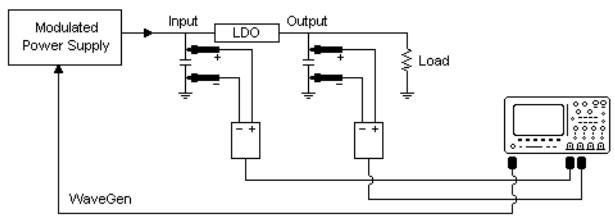



**Figura 12** Configuração típica de análise da taxa de rejeição da fonte de alimentação

a Conecte uma ponta de prova de tensão (passiva ou diferencial) à entrada do regulador de descarte baixo (LDO) (e aterramento).

b Conecte uma segunda ponta de prova de tensão (passiva ou diferencial) à saída do regulador de descarte baixo (LDO) (e aterramento).

c Conecte a saída do gerador de forma de onda à fonte de alimentação modulada.

Um exemplo de fonte de alimentação modulada é a "TS200" Opção 1A da Accel Instruments. Você pode também usar um transformador de injeção para injetar o sinal WaveGen do osciloscópio a uma saída de fonte de alimentação conectada ao regulador de descarte baixo (LDO). Nesse caso, a combinação de transformador de injeção e fonte de alimentação substitui uma fonte de alimentação modulada (como TS200).

3 Pressione as softkeys **Entrada V** e **Saída V** e certifique-se de que os canais analógicos apropriados estejam selecionados.




4 Verifique se os fatores de atenuação da ponta de prova corretos estão definidos no osciloscópio para as pontas de prova de tensão.

5 Pressione a tecla Voltar/Subir para retornar ao menu principal do Aplicação de Potência.

**Configurações**

1 No menu principal da Aplicação de Potência, pressione a tecla **Configurações**.

2 No menu PSRR da Aplicação de potência, faça as configurações apropriadas.




**Tabela 8** Configurações de análise de perda de comutação

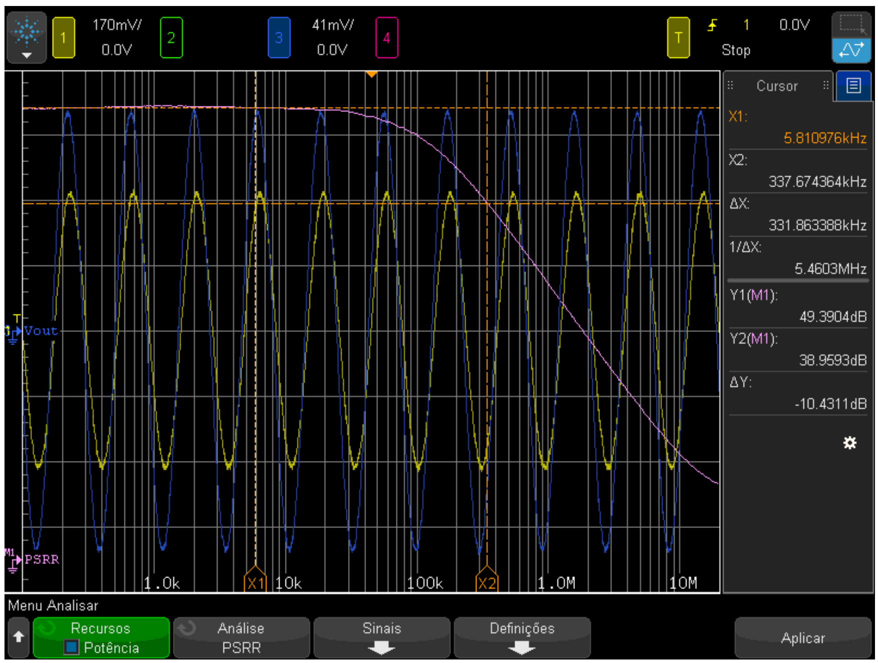
| Configuração | Descrição |
|---|---|
| **Freq mín** | Define o valor inicial da frequência de varredura. A medição é exibida em uma escala logarítmica, para que você possa selecionar valores de década. |
| **Freq máx** | Define o valor final da frequência de varredura. A medição é exibida em uma escala logarítmica, para que você possa selecionar valores de década, além da frequência máxima de 20 MHz |
| **Proporção máx** | Especifica a escala vertical da forma de onda matemática PSRR. |
| **Amplitude** | Define o valor de amplitude do gerador de forma de onda. |
| **Carga da saída** | Define a impedância da carga de saída esperada do gerador de forma de onda. |

3 Quando tiver terminado de alterar as configurações, pressione a tecla Back/Up (Voltar/Subir) para retornar ao menu principal da Aplicação de Potência.

**Resultados da análise**

Para executar a análise, pressione **Aplicar** no menu principal Aplicação de potência.

Quando a análise for concluída, os resultados serão exibidos.




As formas de onda de tensão de entrada e saída e a forma de onda matemática PSRR são exibidas. Os cursores X e Y de acompanhamento são também exibidos para mostrar os valores de dB de proporção em várias frequências.

## Eficiência

A análise de eficiência testa a eficiência geral da fonte de alimentação medindo a potência de saída em relação à potência de entrada. Essa análise requer um osciloscópio de 4 canais porque estão sendo medidas a tensão de entrada, a corrente de entrada, a tensão de saída e a corrente de saída.

**Configuração de sinais**

1 Com a análise de **Eficiência** selecionada no menu principal Aplicação de Potência, pressione a softkey **Sinais**.

2 Conecte suas pontas de prova ao dispositivo sob teste e ao osciloscópio, como mostrado no diagrama de conexão.

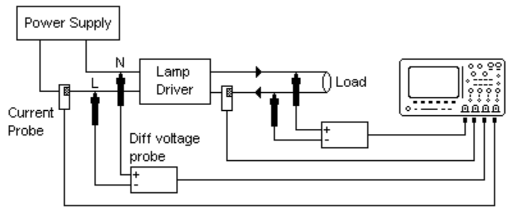



**Figura 13** Configuração típica para testes de análise de eficiência

- **a** Conecte D+ da ponta de prova de tensão de entrada ao fio energizado da entrada CA.
- **b** Conecte D- da ponta de prova de tensão de entrada ao fio energizado da entrada CA.
- **c** Na ponta de prova de tensão de entrada, selecione a proporção de atenuação apropriada.
- **d** Conecte a ponta de prova de corrente de entrada ao fio energizado da entrada CA com a seta apontando para o fluxo da corrente.
- **e** Conecte D+ da ponta de prova de tensão de saída ao caminho de entrada da carga.
- **f** Conecte D- da ponta de prova de tensão de saída ao caminho de retorno da carga.
- **g** Na ponta de prova de tensão de saída, selecione a proporção de atenuação adequada.
- **h** Conecte a ponta de prova de corrente de saída ao caminho de entrada da carga com a seta apontando para o fluxo da corrente.
- **i** Conecte as pontas de prova de tensão e de corrente aos canais de entrada do osciloscópio.

**3** Pressione as softkeys **Entrada V** e **Saída I**, **Saída V** e **Entrada I** e certifique-se de que os canais analógicos apropriados estejam selecionados.



4 Certifique-se de que os fatores adequados de atenuação de ponta de prova estejam definidos no osciloscópio para as pontas de prova de tensão e corrente.

5 Pressione a softkey **Duração**; então, gire o botão Entry para especificar o tempo para capturar sinais. Isso define a escala e tempo do osciloscópio.

6 Pressione a softkey **Conf. Auto** para ajustar automaticamente a escala vertical e a posição dos canais de tensão e de corrente.

7 Pressione a tecla Voltar/Subir para retornar ao menu principal do Aplicação de Potência.

**Resultados de análise**

Para executar a análise, pressione **Aplicar** no menu principal Aplicação de potência.

Quando a análise for concluída, os resultados serão exibidos.



As formas de onda de tensão de entrada, corrente de entrada, tensão de saída e corrente de saída são exibidas, assim como a forma de onda da potência de entrada (multiplicação matemática de forma de onda da corrente e tensão de entrada). As estatísticas e as medições de potência automáticas também são exibidas:

- "Potência de entrada" na página 68
- "Potência de saída" na página 68
- "Eficiência" na página 68

**Medições automáticas**

Você pode adicionar essas medições automáticas relevantes usando a tecla **[Meas] Medição** e o menu.

Medições da Aplicação de Potência automática:

- "Potência real" na página 66
- "Potência aparente" na página 66
- "Potência reativa" na página 66
- "Fator de potência" na página 65
- "Ângulo de fase" na página 67

Medições de tensão automáticas (consulte o *Guia do usuário* do osciloscópio para obter mais informações):

- CA - RMS
- CC - RMS
- Máximo
- Mínima
- Pico a Pico

Medições automáticas de tempo (consulte o *Guia do Usuário* do osciloscópio para obter mais informações):

- Frequência
- Fase

# 4
# Medições automáticas de potência



## Fator de potência

Proporção entre potência de linha CA real e potência aparente.

Potência real/Potência aparente

A medição do fator de potência é feita com o uso de duas entradas de origem, a forma de onda de tensão e a forma de onda de corrente, e também requer um operador matemático de multiplicação das formas de onda de tensão e corrente.

## Potência real

A porção de fluxo de potência que, com base em uma média de ciclo completo da forma de onda CA, resulta em transferência líquida de energia em uma direção.

$$\text{Real Power} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} V_n I_n}$$

A medição da potência real é feita em uma entrada de origem que representa potência. Isso é geralmente um operador matemático de multiplicação das formas de onda de tensão e de corrente.

## Potência aparente

A porção de fluxo de potência da linha CA devido à energia armazenada, que retorna para a fonte em cada ciclo.

IRMS * VRMS

A medição de potência aparente é feita com o uso de duas entradas de origem, a forma de onda de tensão e a forma de onda de corrente.

## Potência reativa

A diferença entre potência aparente e potência real devido à reatância. Usando o *triângulo de potência* (o triângulo direito em que $\text{potência_aparente}^2 = \text{potência_real}^2 + \text{potência_reativa}^2$):

$$\text{Reactive Power} = \sqrt{\text{Apparent Power}^2 - \text{Real Power}^2}$$

Medição em VAR (Volts-Amps-Reativo)

A medição da potência reativa é feita com o uso de duas entradas de origem, a forma de onda de tensão e a forma de onda de corrente, e também requer um operador matemático de multiplicação das formas de onda de tensão e corrente.

# Fator de crista

O fator de crista é a proporção entre a corrente/tensão da linha CA de pico instantânea solicitada pela carga e a corrente/tensão RMS.

Selecione a fonte de tensão para o fator de crista V: Vpeak/VRMS

Selecione a fonte de corrente para o fator de crista I: Ipeak/IRMS

# Ângulo de fase

Em *triângulo de fase* (o triângulo direito em que $\text{potência_aparente}^2 = \text{potência_real}^2 + \text{potência_reativa}^2$), o ângulo de fase é o ângulo entre a potência aparente e a potência real, indicando a quantidade de potência reativa. Ângulos de fase pequenos são iguais a menos potência reativa.

A medição do ângulo de fase é feita com o uso de duas entradas de origem, a forma de onda de tensão e a forma de onda de corrente, e também requer um operador matemático de multiplicação das formas de onda de tensão e corrente.

# Ondulação de saída

VMax - VMin

A medição da ondulação de saída é feita em uma entrada de origem, que é a forma de onda da tensão de saída.

# Potência de entrada

Entrada V * Entrada I

A medição da potência de entrada é feita com o uso de duas entradas de origem, a forma de onda de tensão de entrada e a forma de onda de corrente de entrada, e também requer um operador matemático de multiplicação das formas de onda de tensão e corrente.

A medição da potência de entrada requer que você especifique os canais que testam a tensão de entrada, a corrente de entrada, a tensão de saída e a corrente de saída no menu Sinais da Aplicação de potência e que faça a configuração dos sinais automatizada pressionando a softkey **Configuração automática** no mesmo menu.

# Potência de saída

Saída V * Saída I

A medição da potência de saída é feita com o uso de duas entradas de origem, a forma de onda de tensão de saída e a forma de onda de corrente de saída, e também requer um operador matemático de multiplicação das formas de onda de tensão e corrente.

A medição da potência de saída requer que você especifique os canais que testam a tensão de entrada, a corrente de entrada, a tensão de saída e a corrente de saída no menu Sinais da Aplicação de potência e que faça a configuração dos sinais automatizada pressionando a softkey **Configuração automática** no mesmo menu.

# Eficiência

Potência de entrada/Potência de saída.

A medição de eficiência é feita em uma entrada de origem que representa a potência de entrada. Isso é geralmente um operador matemático de multiplicação das formas de onda de tensão de entrada e de corrente de

entrada. Essa medição também requer a forma de onda de tensão de saída e a forma de onda de corrente de saída especificadas na configuração dos sinais para a análise de potência de eficiência.

A medição de eficiência requer que você especifique os canais que testam a tensão de entrada, a corrente de entrada, a tensão de saída e a corrente de saída no menu Sinais do Aplicação de potência e que faça a configuração dos sinais automatizada pressionando a softkey **Configuração automática** no mesmo menu.

## Corrente de pico

A corrente de pico pode ser um valor positivo ou negativo, portanto, o resultado é o maior do máximo ou mínimo medido.

A medição da corrente de pico é feita em uma entrada de origem, que é a forma de onda de corrente.

## Transiente

Tempo de resposta transiente = t2 - t1, em que:

- t1 = A primeira vez que uma forma de onda de tensão sai da banda de estabilização.
- t2 = A última vez que ela entra na banda de estabilização.
- Banda de estabilização = +/- % overshoot da tensão de saída do estado estável.

A medição do transiente é feita com o uso de cursores X no sinal da tensão de saída.

## Tempo de ativação

Tempo de ativação = t2 - t1, em que:

- t1 = tensão de entrada CA aumenta até 10% de sua amplitude máxima (hora inicial).

- t2 = tensão de saída CC aumenta até 90% de sua amplitude máxima (hora final).

A medição de tempo de ativação é feita com o uso de cursores X e duas entradas de origem, a forma de onda de tensão de entrada e a forma de onda de tensão de saída.

## Tempo de desativação

Tempo de desativação = t2 - t1, em que:

- t1 = tensão de entrada CA fica abaixo de 10% de seu pico positivo (ou pico negativo, o que ocorrer primeiro) (hora inicial).
- t2 = tensão de saída CC diminui até 10% de seu valor de estado estável (hora final).

A medição de tempo de ativação é feita com o uso de cursores X e duas entradas de origem, a forma de onda de tensão de entrada e a forma de onda de tensão de saída.

## Perda de potência

$P_n = Vds_n * Id_n$, em que n é cada amostra.

A medição de perda de potência é feita em uma entrada de origem que representa potência. Isso é geralmente um operador matemático de multiplicação das formas de onda de tensão e de corrente.

## Perda potência/cic

$P_n = (Vds_n * Id_n)$ * (Faixa de tempo da janela de zoom) * (Medição do contador da tensão do sinal de comutação), em que n é cada amostra.

A medição de perda de potência por ciclo é feita em uma entrada de fonte que representa potência. Isso é geralmente um operador matemático de multiplicação das formas de onda de tensão e de corrente.

Essa medição é feita quando se está no modo zoom e quando a medição do contador está instalada na tensão do sinal de comutação.

## Perda de energia

$= \sum (Vds_n * Id_n) *$ tamanho da amostra, em que n é cada amostra.

A medição de perda de energia é feita em uma entrada de origem que representa potência. Isso é geralmente um operador matemático de multiplicação das formas de onda de tensão e de corrente.

# Índice